Efficacité du dipel 8AF en formule diluée et non diluée dans la lutte contre la spongieuse (Lepidoptera: Lymantriidae) dans le sud de l'Ontario

K. van Frankenhuyzen, C. Howard, J. Churcher, G. Howse et D. Lawrence

Rapport d'information FPM-X-84F
Institut pour la répression des ravageurs forestiers

Efficacité du dipel 8AF en formule diluée et non diluée dans la lutte contre la spongieuse (Lepidoptera: Lymantriidae) dans le sud de l'Ontario

K. van Frankenhuyzen[1], C. Howard[2], J. Churcher[2],
G. Howse[3] et D. Lawrence

Rapport d'information FPM-X-84F
Institut pour la répression des ravageurs forestiers
Forêts Canada
Sault Ste. Marie (Ontario)
1989

1. Forêts Canada, Institut pour la répression des ravageurs forestiers.
2. Ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, Section de la lutte contre les ravageurs.
3. Forêts Canada, Relevé des insectes et des maladies des arbres.

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989
Numéro de catalogue Fo46-16/84F
ISBN 0-662-9555-2
ISSN 0833-5559
Imprimé au Canada

Il est possible d'obtenir sans frais des exemplaires de cette publication auprès des:

Services d'information
Institut pour la répression des ravageurs forestiers
Forêts Canada
C.P. 490
Sault Ste. Marie (Ontario)
Canada P6A 5M7

Des copies ou microfiches de cette publication sont en vente chez:

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

This publication is also available in English under the title *Deposition and efficacy of Dipel 8AF applied diluted and undiluted against the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in southeastern Ontario.*

93-02792/

Table des matières

	Page
Résumé	*iv*
Abstract	*iv*
Introduction	1
Instruments et méthodes	2
Lieu de recherche	2
Application	2
Évaluation des dépôts	2
Bioessai	4
Relevé de la masse d'œufs	4
Défoliation	4
Résultats et analyse	5
Ouvrages de référence	10
Remerciements	11

Résumé

La possibilité d'appliquer en très faible volume des formulations non diluées de *Bacillus thuringiensis* pour lutter contre la spongieuse a été examinée: on a traité trois peuplements de chênes avec du Dipel 8AF à 15 MUI dans 0,9 L/ha (forme non diluée) ou 30 MUI dans 1,8 L/ha (forme non diluée) ainsi que 6,0 L/ha (forme diluée). Des branches ont été prélevées aux niveaux supérieur, intermédiaire et inférieur de la cime; les dépôts laissés par la pulvérisation ainsi que la toxicité chez les larves du troisième stade de la spongieuse ont été étudiés. La distribution par taille des gouttelettes était semblable dans les deux traitements avec le produit non dilué, soit avec un diamètre médian en fonction du nombre (DMN) de 49-55 µm et un diamètre médian en fonction du volume (DMV) de 117-126 µm. L'application du produit dilué a eu pour effet d'élargir la distribution des gouttelettes; le DMN était de 98 µm et le DMV de 180 µm. Il y avait une densité significativement supérieure des gouttelettes lors des traitements à 1,8 et 6,0 L/ha (5-10 gouttelettes/cm^2) que lors du traitement à 0,9 L/ha (3-5 gouttelettes/cm^2). On a constaté une réduction significative de la densité des gouttelettes entre le niveau supérieur et le niveau inférieur de la cime dans chaque parcelle traitée. Lors des essais biologique, la mortalité des larves de la spongieuse se chiffrait à environ 50 % dans les groupes traités à 1,8 et 6,0 L/he et atteignait 30 % dans le groupe traité à 0,9 L/ha. Il n'y avait pas de différence entre les différents traitements quant à l'analyse par traitements et quant à l'analyse par régression de la mortalité dans les bioessais par rapport à la densité observée des gouttelettes. Que ce soit sous forme diluée ou non, il fallait une densité de 8-10 gouttelettes/cm^2 pour atteindre une mortalité de 50 %. Tous les traitements ont atténué la défoliation et diminué la densité des masses d'œufs, par rapport aux secteurs témoins, mais les populations généralement faibles de larves ont rendu l'évaluation difficile. L'application de formulations sous forme non diluée et contenant 16,9 MUI/L dans 1,8 L/ha peut être recommandée pour les traitements opérationnels de la spongieuse. Il est suggéré de vérifier la possibilité d'utiliser des produits plus actifs et un volume encore moindre lors des futurs programmes.

Abstract

The feasibility of ultra-low volume application of undiluted *Bacillus thuringiensis* formulations for control of the gypsy moth was examined by treating three oak stands with Dipel 8AF at 15 BIU in 0.9 L/ha (undiluted) or at 30 BIU in 1.8 L/ha (undiluted) and 6.0 L/ha (diluted). Branches were collected from upper, middle and lower canopy and assayed for spray deposits as well as toxicity to third-instar gypsy moth larvae. Droplet size distributions in the two undiluted treatments were similar with a number median diameter (NMD) of 49-55 µm and a volume median diameter (VMD) of 117-126 µm. The diluted application resulted in a broader size distribution, with an NMD of 98 µm and a VMD of 180 µm. Droplet density was significantly higher in the 1.8 and 6.0 L/ha treatments (5-10 droplets/cm^2) than in the 0.9 L/ha treatment (3-5 droplets/cm^2). Droplet density decreased significantly from upper to lower canopy in each spray block. Mortality of gypsy moth larvae in the bioassays reached about 50% in the 1.8 and 6.0 L/ha treatments and 30% in the 0.9 L/ha treatment. Regression analysis of mortality versus observed droplet density in the bioassays did not differ between treatments. For both diluted and undiluted applications, a density of 8-10 droplets/cm^2 was required to obtain 50% mortality. All treatments resulted in lower defoliation and egg mass density than in untreated areas, but declining populations confounded the assessment. Application of undiluted formulations containing 16.9 BIU/L in 1.8 L/ha can be recommended for operational control of gypsy moth. The feasibility of using higher potency products in even lower volumes needs to be assessed in future programs.

Introduction

Bacillus thuringiensis Berliner est largement utilisé dans la lutte contre la spongieuse (*Lymantria dispar* L.) dans l'est de l'Amérique du Nord. Les opérations d'épandage aérien se font habituellement à l'aide de formules diluées à raison de 6-9,5 L/ha (Grimble et Lewis, 1985). Des taux d'épandage aussi élevés ont été utilisés dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*): des formules à hautes doses ont été mises sur le marché dès le début des années 80 (Morris, 1984). Ces formules contiennent en effet 12,7 milliards d'unités internationales (MUI)/L ou plus et peuvent être appliquées non diluées à raison de 30 MUI/ha dans 2,4 L ou moins. L'épandage de formules non diluées a permis de réduire considérablement le coût des opérations de lutte contre la tordeuse (Irland et Rumpf, 1987) et devrait avoir des effets semblables dans les programmes de lutte contre la spongieuse.

L'épandage à très faibles volumes (ULV) nécessite une atomisation efficace du produit en fines gouttelettes. Les atomiseurs rotatifs Micronair peuvent donner une forte proportion de gouttelettes de diamètre inférieur à 100 µm à partir de formules à hautes doses non diluées (Yates et Cowden, 1986; Van Vliet et Picot, 1987). Ces gouttelettes adhèrent bien aux feuilles des conifères (Picot et collab., 1986) et sont efficaces contre plusieurs défoliateurs à des densités de une gouttelette par aiguille ou moins (Fast et collab., 1986; West et collab., 1987; Cadogan et collab., 1986). Toutefois, il faut encore recueillir des données sur le dépôt des fines gouttelettes dans les forêts de feuillus et sur leur efficacité dans la lutte contre les défoliateurs des feuillus.

Une étude en collaboration a été lancée en 1987 en vue d'évaluer le dépôt et la distribution des gouttelettes en fonction de leur taille dans une forêt de chênes, suite à l'application de formules diluées et non diluées. Participaient à cette étude l'Institut pour la répression des ravageurs forestiers (IRRF) de Forêts Canada, le Conseil de recherche et de productivité du Nouveau-Brunswick (CRPNB) et Abbott Laboratories. L'étude s'est poursuivie en 1988 en collaboration avec la Section de lutte contre les ravageurs forestiers du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario (MRNO) et le Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) de Forêts Canada. Les objectifs précis de l'étude étaient les suivants : 1) évaluer le dépôt des gouttelettes dans un couvert de chênes en fonction du volume d'application dans des conditions d'épandage opérationnelles; 2) relier les données observées sur le dépôt à la mortalité de la spongieuse dans le cadre de bioessais sur des feuilles soumises à l'épandage; 3) évaluer l'efficacité des traitements dilués et non dilués en fonction de la protection du feuillage et de la réduction de la masse d'œufs; et 4) évaluer la faisabilité d'un épandage non dilué à la moitié du taux d'application recommandé. Pour atteindre ces objectifs, les scientifiques ont traité 6 parcelles à raison de 30 ou 15 MUI/ha dans 0,9 L (3 répétitions), 1,8 L (2 répétitions) ou 6,0 L (1 répétition). La Section de lutte contre les ravageurs était chargée de l'épandage. Les dépôts ont été évalués par le CRPNB dans chaque parcelle et font l'objet d'un rapport distinct. L'évaluation biologique a été effectuée par le RIMA et l'IRRF dans les 3 parcelles qui abritaient des populations convenables de spongieuses, 1 dans chaque traitement, et ces résultats sont rapportés ici.

Instruments et méthodes

Lieu de recherche

L'expérience a été effectuée en mai 1988 dans le township de Lavant dans le sud-est de l'Ontario (figure 1). Les parcelles choisies (50-230 ha) étaient avant tout plantées de chênes rouges (*Quercus rubra* L., 60-90 %) et d'érables rouges (*Acer rubrum* L., 19-40 %), légèrement mêlés à des bouleaux à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), des peupliers baumiers (*Populus balsamifera* L.), des sapins baumiers (*Abies balsamea* L.), et des érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.). Les arbres dominants avaient en général de 15 à 20 m de hauteur. Dans chaque parcelle, un total de 15 chênes ont été choisis à des intervalles de 20 à 40 m sur une ligne perpendiculaire à la direction de vols de l'aéronef d'épandage. La hauteur du houppier des arbres échantillonnés variait entre 12 et 18 m.

L'infestation de spongieuses dans les trois parcelles a été détectée pour la première fois en 1986. Les populations des parcelles A et B étaient assez abondantes (plus de 1 200 masses d'œuf/ha) pour justifier un traitement aérien à l'aide de *Bacillus thuringiensis* en 1987. La parcelle B (700 ha) devait être traitée également en 1988 et l'MRNO a accepté d'en allouer la moitié, compte tenu de zones-tampons appropriées, à notre programme expérimental. La parcelle C formait un prolongement naturel de l'infestation de la parcelle B.

Application

Toutes les parcelles ont été traitées au Dipel 8AF (ABG 6167), formule aqueuse versable produite par Abbott Laboratories (Chicago, Ill.) contenant 16,9 MUI/L. Pour faciliter l'évaluation des dépôts, de la teinture rouge acide Erio XGN250 (St. Lawrence Aniline, Brockville [Ontario]) a été ajoutée au produit comme traceur, à raison de 0,4 % (poids/volume). Le mélange a été épandu à l'aide d'un aéronef Piper Brave équipé de 4 atomiseurs Micronair AU4000. L'aéronef survolait la forêt à une hauteur de 15 à 25 m à une vitesse de 184 km/h et suivait des lignes séparées de 60 m, guidé par un aéronef Cessna 172. Les 2 aéronefs partaient d'une piste d'aviation privée située à Westport. Le Dipel a été épandu non dilué à raison de 1,8 L/ha (parcelle A) et de 0,9 L/ha (parcelle B) ou dilué dans l'eau dans un rapport de 1 à 2,33 à raison d'un volume total de 6,0 L/ha (parcelle C). Les épandages ont été effectués en condition normale au début de la matinée (tableau 1).

Évaluation des dépôts

La distribution des dépôts du Dipel sur le couvert forestier a été évaluée au moyen d'échantillons prélevés à trois niveaux du couvert. Le houppier de chaque arbre-échantillon a été divisé visuellement en niveaux supérieur, moyen et inférieur. 1 heure après l'épandage, une branche était prélevée à chaque niveau à l'aide d'un échenilloir, et 5 rameaux étaient prélevés sur chaque branche. Ces rameaux, les bouts coupés enveloppés dans du coton humide et du papier d'aluminium, étaient ensuite placés individuellement dans des boîtes de plastique et transportés dans des glaciaires jusqu'au laboratoire de terrain situé à la piste d'aviation pour y être analysés (dépôts et activité biologique). Les dépôts ont été estimés en examinant une feuille de chaque rameau au microscope moins de 5 heures après le prélèvement. Le nombre de gouttelettes était ensuite compté dans 5 champs choisis au hasard pour un total de 1,6 cm^2 de superficie de feuilles. La taille des gouttelettes a été estimée en mesurant 500 gouttelettes pour chaque traitement à l'aide de l'unité de mesures de longueur numérique Wild Leitz (Wild Heerbrug, Willowdale [Ontario]).

Les estimations de la densité des gouttelettes ont été combinées pour les 15 arbres-échantillons de chaque parcelle d'épandage afin d'obtenir une valeur moyennne à partir des 75 feuilles prélevées à

chaque niveau du couvert forestier. Les variations de densité des gouttelettes entre les parcelles et les niveaux du couvert ont été examinées au moyen d'une analyse de variance à deux voies (ANOVA). Les densités ont été soumises à une transformation logarithmique afin d'approcher une distribution de probabilité normale. Des tests-t de variance commune, par paires, avec probabilités Bonferroni ont servi à comparer les moyennes des traitements dans chaque parcelle (Dixon, 1983). Le diamètre moyen en fonction du nombre (DMN) et le diamètre moyen en fonction du volume (DMV) pour chaque traitement ont été calculés selon Johnstone (1978). Les dépôts des traitements non dilués consistaient principalement en gouttelettes sphériques ou hémisphériques, signe d'une évaporation complète ou quasi complète. Les dépôts des traitements dilués à plus de 100 µm de diamètre consistaient surtout en taches. Les diamètres des taches sont donnés sans conversion en diamètre réel des gouttelettes.

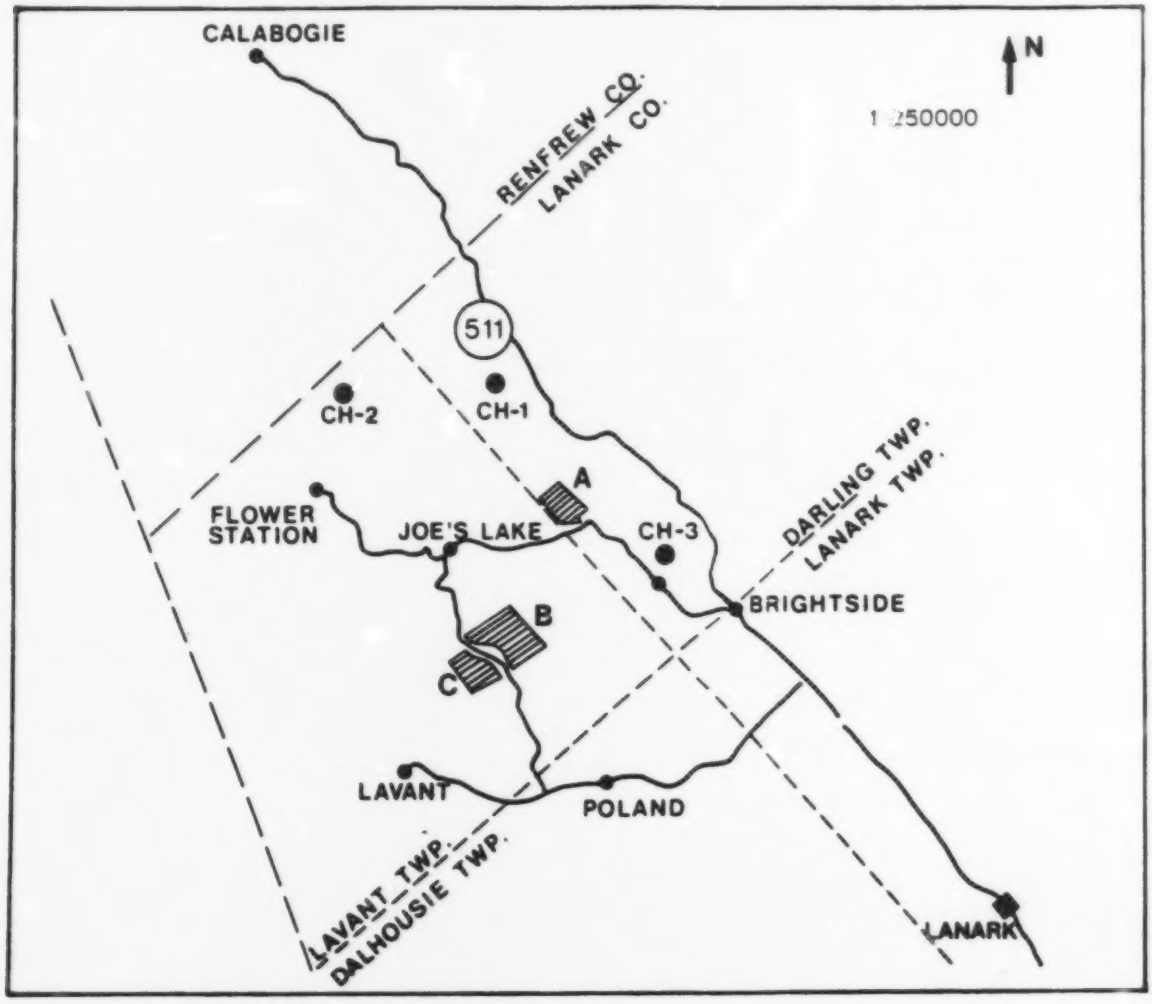

Figure 1. Emplacement des parcelles d'épandage (A, B et C) et des parcelles-témoins non traitées (1 : Napier Hill; 2 : Clyde Lake Mountains; 3 : French Line) dans le sud-est de l'Ontario.

Tableau 1. Sommaire des paramètres d'épandage

	Parcelle A	Parcelle B	Parcelle C
Date du traitement	26 mai	28 mai	27 mai
Dimension de la parcelle (ha)	70	230	50
Expansion du feuillage	75 %	80 %	60 %
Stade larvaire:			
% premier stade	11	10	10
% deuxième stade	46	74	74
% troisième stade	43	16	16
Heure de l'épandage	0630-0645	0615-0645	0600-0645
Taux d'épandage (L/ha)	1,8	0,9	6,0
Dosage (MUI/ha)	30	15	30
Angle des lames de l'unité Micronair	35	35	35
Vitesse d'émission (L/min)	33,3	16,6	111
Pression (psi)	29	38	26
Nombre de limiteurs de débit variable	11	7dérivé	

Bioessai

L'activité biologique des dépôts a été évaluée en soumettant en rameaux provenant des trois niveaux du couvert forestier à des bioessais. Chaque rameau a été placé dans un contenant en plastique ventilé (18 sur 8,5 sur 4,5 cm), la partie coupée trempant dans l'eau, et 5 larves entre le début et le milieu de leur troisième stade de développement y ont été déposées. Les larves provenaient de masses d'œufs recueillies au printemps de l'année précédente à Rice Lake (Peterborough [Ontario]). Les contenants étaient gardés à l'extérieur, à l'abri de la pluie et de la lumière directe du soleil. Les larves ont été transférées le quatrième jour sur des feuilles n'ayant subi aucun épandage et leur mortalité a été déterminée à 3 ou 4 jours d'intervalle jusqu'à ce que la mortalité cumulative se soit stabilisée (15-17 jours). La mortalité naturelle dans les contenants a été déterminée sur 10 rameaux prélevés sur des arbres n'ayant subi aucun épandage chacun des jours d'épandage. La mortalité des larves à chaque niveau du couvert a été reliée à la densité observée des gouttelettes pour 3 groupes de 5 arbres-échantillons chacun (n = 15).

Relevé de la masse d'œufs

Les densités de masses d'œufs ont été évaluées en avril et en octobre à partir de 8 ou 9 parcelles de Kaladar modifiées (MKP) choisies au hasard. Ces parcelles consistaient en carrés de 10 sur 10 m. Les masses d'œufs ont été dénombrées sur tous les troncs d'arbre de ces parcelles et sur le sol dans 10 parcelles de 1 sur 1 m. La réduction de la densité de la masse d'œufs a été comparée à la réduction observée par le RIMA dans 3 parcelles non traitées situées à proximité (figure 1).

Défoliation

Les estimations de la défoliation ont été effectuées par le RIMA à la fin de juillet. Une branche de 45 cm a été prélevée au milieu du houppier de 10 arbres dans chacune des MKP. La défoliation a été estimée en établissant le degré de défoliation de chaque feuille sur la branche. La défoliation dans les parcelles traitées a été comparée aux estimations obtenues dans les 3 parcelles-témoins.

Résultats et analyse

L'objectif général de cette étude était d'évaluer la faisabilité d'un épandage *de B. thuringiensis* non dilué dans la lutte contre la spongieuse. En 1987, nous avions conclu que l'épandage ULV donnait une distribution plus uniforme des dépôts dans le couvert forestier à cause d'une meilleure pénétration des gouttelettes, et une mortalité des larves de spongieuse équivalente à un épandage du produit non dilué à de plus forts volumes (van Frankenhuyzen et collab., 1989). Les résultats de l'étude de 1988 viennent en général confirmer ces observations.

Les données sur les dépôts dont il est question ici ne sont basées que sur une seule parcelle d'épandage par traitement. Les estimations des autres parcelles seront données par le CRPNB à une date ultérieure. Les observations préliminaires basées sur nos données sont rapportées ici.

Les densités moyennes des gouttelettes ont été considérablement affectées par le traitement d'épandage et la position dans le couvert forestier (tableau 2). L'application de 6,0 et de 1,8 L/ha a donné des densités comparables, qui étaient environ deux fois supérieures à celle du traitement à 0,9 L/ha (figure 2). La distribution des dépôts variait considérablement à l'intérieur du couvert forestier (tableau 2). Aucun des traitements n'a donné une distribution uniforme des dépôts dans le couvert; la densité des gouttelettes dans la section supérieure était toujours beaucoup plus élevée que dans la section inférieure (figure 2). Toutefois, c'est dans le traitement 6,0 L/ha que la différence entre les sections supérieures et moyennes était la plus prononcée; elle n'était pas importante dans les deux traitements non dilués, malgré l'expansion plus avancée du feuillage au moment du traitement. Ces constatations laissent croire que l'épandage du produit non dilué pourrait donner une meilleure pénétration du couvert forestier.

Tableau 2. Analyse de variance de la densité des gouttelettes à la surface des feuilles des sections supérieures et inférieures combinées

Source de variation	df	F	Valeur-P
Traitement	2	33,3	0,000
Section du couvert	2	18,0	0,000
Épandage x couvert	4	1,9	0,102
Erreur	640		

La distribution de tailles des gouttelettes était semblable dans les deux épandages non dilués. Plus de 85 % de toutes les gouttelettes avaient un diamètre inférieur à 100 µm (figure 3, parcelles A et B), ce qui donne un DMN de 49 à 55 et un DMV de 117 à 126 µm. La distribution de tailles dans le traitement à 6,0 L/ha était plus large, environ 55 % de toutes les gouttelettes ayant un diamètre inférieur à 100 µm anisi qu'un DMN (98 µm) et un PMV (188 µm) plus importants (figure 3, parcelle C).

Les dépôts des traitements à 1,8 et à 6,0 L/ha ont entraîné des mortalités comparables chez la spongieuse au troisième stade larvaire dans les bioessais (respectivement de $46,1 \pm 2,4$ % et $51,0 \pm 3,3$ %, moyenne par parcelle $\pm$ ÉT, $n = 45$). Les dépôts dans la section inférieure pendant le traitement à 0,9 L/ha ont donné une mortalité considérablement moindre ($30,4 \pm 3,2$ %). La mortalité des larves sur les feuilles n'ayant subi aucun épandage n'a jamais dépassé 5 %. La mortalité diminuait de la section supérieure à la section inférieure du couvert, de la même façon que pour la distribution observée des dépôts (figure 2). Il y avait un rapport linéaire entre la mortalité moyenne et la densité moyenne des gouttelettes sur les branches dans chaque traitement. Le rapport était plus faible dans la

parcelle C. Les lignes de régression ne différaient pas beaucoup sur les pentes ou aux intersections (ANOVA de coefficients de régression: $P = 0,213$) et étaient adéquatement décrites par une ligne commune (tableau 3). Il fallait une densité de 8 à 10 gouttelettes/cm^2 pour obtenir 50 % de mortalité. Dans l'étude de 1987, nous avions obtenu une estimation semblable pour Dipel 8AF appliqué à raison de 1,8 L/ha, mais une DL beaucoup plus importante pour l'application du produit dilué (van Frankenhuyzen et collab., 1989). La cause de cette différence n'est pas évidente.

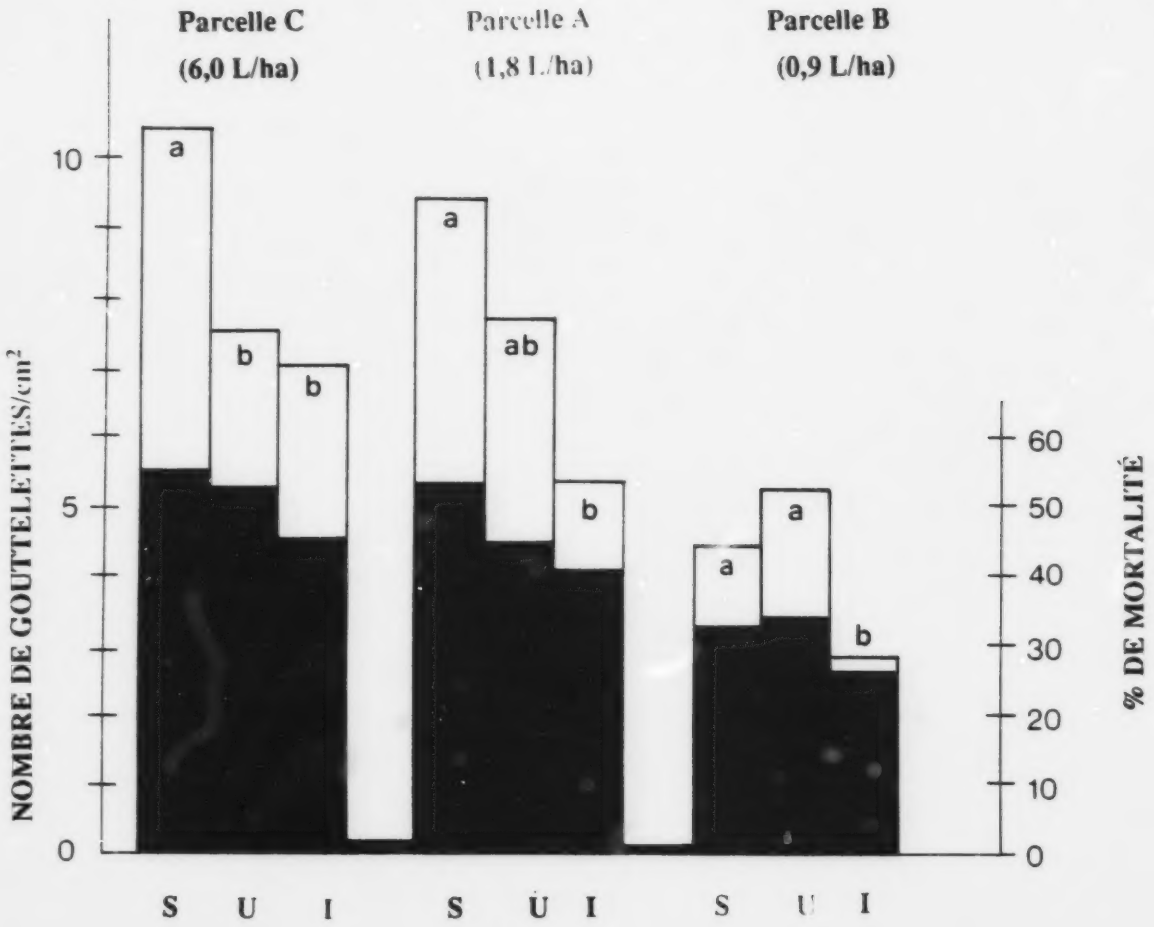

Figure 2. Nombre moyen de gouttelettes par centimetre carré (en blanc) et mortalité qui en résulte chez la spongieuse au troisième stade larvaire (en noir) dans les bioessais sur les feuilles prélevées dans les sections supérieure (S), moyenne (M) et inférieure (I) du couvert forestier d'une forêt de chênes, par suite d'un traitement au Dipel 8AF à raison de 6,0, de 1,8 et de 0,9 L/ha. Les lettres différentes dans chacune des parcelles indiquent les moyennes considérablement différentes (P inférieur à 0,05, Bonferroni).

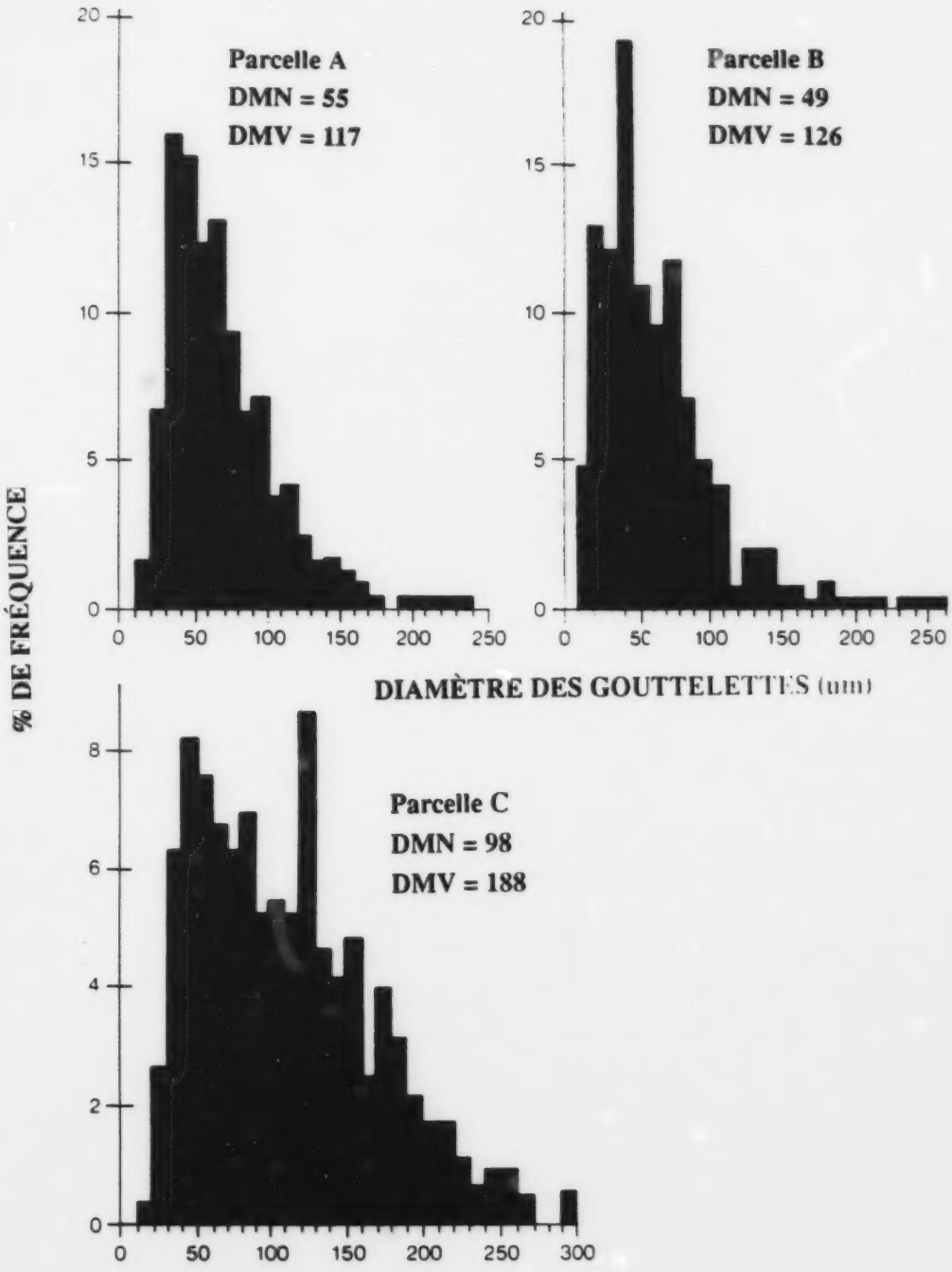

Figure 3. Distribution de fréquence de la taille des gouttelettes observées sur les feuilles après l'application de 1,8 L/ha (parcelle A), de 0,9 L/ha (parcelle B) ou de 6,0 L/ha (parcelle C).

Tableau 3. Régression du pourcentage de mortalité des spongieuses au troisième stade larvaire en fonction de la densité des gouttelettes au cours des bioessais

Parcelle	Traitement (L/ha)	Équation de régression	R^2	P	DL estimatif (gouttelettes/-cm^2)
A	1,8	Y = 22,3 + 3,16 X	71,8	0,004	8,8
B	0,9	Y = 16,0 + 3,40 X	53,4	0,025	10,0
C	6,0	Y = 33,8 + 2,08 X	30,8	0,121	7,8
Ensemble		Y = 18,7 + 3,55 X	0,67	0,001	8,8

Les populations de larves prévues d'après les dénombrements de la masse d'œufs effectués au printemps (tableau 4) ne se sont pas matérialisées parce que beaucoup des masses d'œufs n'ont pas éclos. Ces faibles populations larvaires se sont traduites par une faible défoliation dans les parcelles-témoins, qui variait de 15 à 57 %, pour une moyenne de 28 % (tableau 4). Les densités des masses d'œufs dans les parcelles-témoins ont été réduites de 25 à 98 %, pour une diminution moyenne de 75 % (tableau 4). Dans les parcelles traitées, la défoliation a été constamment plus faible (12-16 %), et la réduction de la masse d'œufs légèrement supérieure (80-90 %) que dans les secteurs non traités, ce qui révèle que chaque traitement a eu un effet mesurable. L'efficacité relative des divers traitements demeure toutefois équivoque étant donné les faibles densités de population, et d'autres études devront être entreprises pour confirmer nos résultats.

Tableau 4. Défoliation moyenne (%) et changement dans la densité moyenne de la masse d'œufs dans les parcelles traitées et non traitées

Parcelle	Traitement (L/ha)	N	% de Défoliation (± É.-T.)	Nombre de masses d'œufs/ha (± É.-T.) Printemps	Automne	% de Changement
A	1,8	9	12,3 ± 0,8	3 100 ± 664	455 ± 172	85
B	0,9	9	14,7 ± 0,6	1 488 ± 340	266 ± 104	82
C	6,0	8	15,6 ± 0,9	2 587 ± 505	250 ± 47	90
Témoin		6	27,8 ± 6,3	6 583 ± 1 288	1 600 ± 698	75

Cette étude démontre encore une fois que l'application ULV de formules non diluées peut se traduire par des dépôts et une mortalité des larves équivalant à ceux de l'application du produit dilué à plus forts volumes. D'après nos résultats, nous recommandons l'application de formules non diluées contenant 16,9 MUI/L à 30 MUI à raison de 1,8 L/ha pour la lutte contre la spongieuse sur le terrain. Toutefois, il reste encore à déterminer si des volumes aussi faibles sont efficaces dans la lutte contre des populations croissantes en santé. L'épandage à de plus faibles volumes devrait également faire l'objet d'autres études. Bien que l'épandage de 0,9 L/ha effectué au cours de cette étude se soit traduite par des dépôts considérablement inférieurs et une mortalité moindre des larves, l'utilisation d'une formule plus concentrée pourrait améliorer ces résultats en augmentant l'efficacité des dépôts. Nous prévoyons, dans de futurs programmes, évaluer l'efficacité des formules à hautes doses déjà disponibles qui peuvent être appliquées à 30 BIU à raison de 0,9 L/ha ou moins.

Ouvrages de référence

Cadogan, B.L.; Zylstra, B.F.; Nystrom, C.: Ebling, P.M.; Pollock, L.B. 1986. Evaluation of a new Futura formulation of *Bacillus thuringiensis* on populations of jack pine budworm, *Choristoneura pinus pinus* (Lepidoptera: Tortricidae). Proc. Entomol. Soc. Ont. 117: 59-64.

Dixon, W.J. 1983. BMDP statistical software. Univ. Cal. Press, Berkeley, C.A.

Fast, P.G.; Kettela, E.G.; Wiesner, C.J. 1986. Assessment of the efficacy of *Bacillus thuringiensis* against the spruce budworm. New Brunswick Spray Efficacy Research Group Report C/86/005, 37 pp.

Irland, L.C.; Rumpf, T.A. 1987. Cost trends for *Bacillus thuringiensis* in the Maine spruce budworm control program Bull. Entomol. Soc. Am. 33: 86-90.

Johnstone, D.R. 1978. Statistical description of spray drop size for controlled drop application. Pages 35-42 *in* Proceedings of a Symposium: Controlled Drop Application. British Crop Protection Council Monograph 22.

Morris, O.N. 1984. Field response of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae), to dosage and volume application rates of commercial *Bacillus thuringiensis*. Can. Entomol. 116: 983-990.

Picot, J.J.C.; Kristmanson, D.D.; Basak-Brown, N. 1986. Canopy deposit and off-target drift in forestry aerial spraying: the effects of operational parameters. Trans. ASAE 29: 90-96.

Van Vliet, M.W.; Picot, J.J.C. 1987. Drop spectrum characterization for the Micronair AU4000 aerial spray atomizer. Atomization and Spray Technol. 3: 123-134.

Van Frankenhuyzen, K.; Wiesner, C.J.; Riley, C.M.; Nystrom, C.W.; Robinson, A.; Sundaram, A. 1989. Distribution and efficacy of spray deposits in a oak forest canopy following aerial application of diluted and undiluted formulations of *Bacillus thuringiensis* against the gypsy moth, *Lymantria dispar*. Submitted to Can. Entomol.

West, R.J.; Raske, A.C.; Retnakaran, A.: Lim, K.P. 1987. Efficacy of various *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* formulations and dosages in the field against the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.) (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland. Can. Entomol. 119: 449-458.

Yates, W.E.; Cowden, R.E. 1986. Drop size spectra for Beecomist, Micronair, and an 8006 flat fan nozzle with Dipel 8L and Thuricide 38VL. USDA-FS FPM 86-4, Davis, CA. 25 p.

Remerciements

Nous désirons remercier S. Schyff (chef, application) et les autres membres du personnel de la section de la lutte contre les ravageurs pour leur appui enthousiaste et leur aide technique. Nous avons également apprécié l'excellente collaboration du bureau de district de Carleton de l'OMNR, notamment de la part de W. Knight. Nous remercions également G. Duynisveld (surveillant du personnel de terrain du RIMA) pour ses précieux conseils et son aide sur le terrain, ainsi que pour l'exécution des analyses de la défoliation. Nous désirons enfin exprimer notre reconnaissance à Abbott Laboratories pour nous avoir fourni les fonds nécessaires à l'aéronef d'épandage ainsi que le Dipel.